

3

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-044921  
(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl. H02K 19/22  
H01F 1/053  
H01F 1/08  
H01F 5/00  
H01F 7/02  
H02K 1/24  
H02K 1/27  
H02K 9/06  
H02K 21/04

(21)Application number : 2000-223896  
(22)Date of filing : 25.07.2000

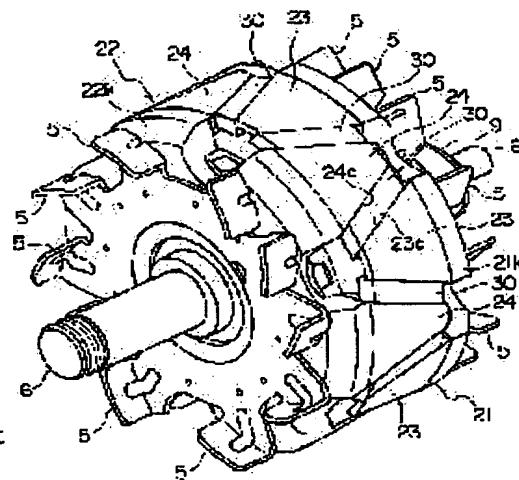
(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP  
(72)Inventor : TANAKA KATSUNORI  
ASAO YOSHITO

## (54) AC GENERATOR

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a low-cost AC generator that does will decrease output of the generator, even if it is driven at high temperatures having full rotor strength at a high-speed rotation.

**SOLUTION:** A rotor of the AC generator comprises a pole core, having claw-shaped poles that are so disposed as to gear with each other and permanent magnets that are arranged between the claw-shaped poles and reduce flux leakage between the poles. The permanent magnets are made of plastic permanent magnets of a samarium-iron system, composed, for example, of an Sm8.2-Fe75.6-Ti2.3-B0.9-N13 bonded magnet and the like, of which the composition is added with Ti and B. The permanent magnets are surrounded with an anticorrosive holding member, and at least a part of the magnets is preferably coated with resin. Also there is mounted a control means, that controls a displacement of an outer-diameter direction of the poles due to centrifugal force during the rotation of the rotor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.01.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-44921

(P2002-44921A)

(43)公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 02 K 19/22  
H 01 F 1/053  
1/08  
5/00  
7/02

識別記号

F I  
H 02 K 19/22  
H 01 F 1/08  
5/00  
7/02  
H 02 K 1/24

テマコード(参考)  
5 E 0 4 0  
A 5 H 0 0 2  
D 5 H 6 0 9  
A 5 H 6 1 9  
B 5 H 6 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-223896(P2000-223896)

(22)出願日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(71)出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 田中 勝則  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 浅尾 淑人  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100057874  
弁理士 曾我 道照 (外6名)

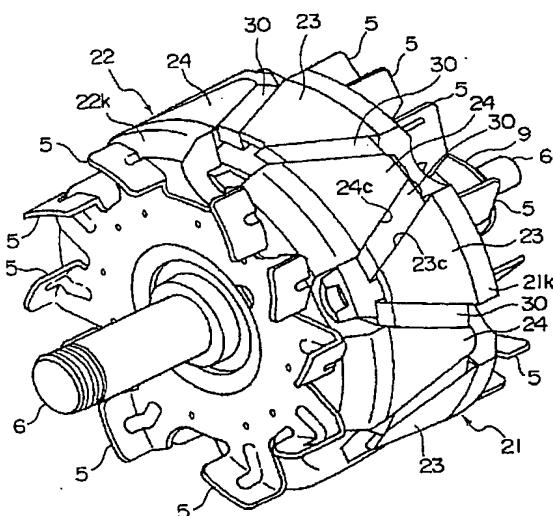
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 交流発電機

(57)【要約】

【課題】 交流発電機が高温運転されても交流発電機出力の低下がなく、高速回転時の回転子強度が充分に大きな、低価格の交流発電機を提供する。

【解決手段】 交流発電機のロータは、互いに噛み合うように配置された爪状磁極を有するポールコアと、爪状磁極間に配設されて磁極間の磁束の漏洩を低減する永久磁石とを有している。永久磁石は、組成にTiとBが添加されている例えはSm<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>-Ti<sub>2</sub>-B<sub>6</sub>-N<sub>4</sub>ボンド磁石等のサマリウム-鉄系のプラスチック永久磁石である。永久磁石は、耐食性の保持部材で囲われていて、少なくとも一部が樹脂被覆されていると良い。また、回転時の遠心力による磁極の外径方向の変位を規制する規制手段備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気窓を有するブラケットに内含まれ、ロータの回転磁界により三相交流を発生するステータと、

磁束を発生するロータコイルと、このロータコイルを覆って設けられ、交互に噛み合うように突出される爪状磁極をそれぞれ有する第1のポールコア体及び第2のポールコア体から構成されたポールコアと、上記爪状磁極の両側面側に配設され、隣り合う爪状磁極の側面同士の磁束の漏洩を低減する永久磁石と、発電機出力電流による発熱体を冷却するロータ軸方向両端に取り付けられたファンとを有しているロータとを有する交流発電機であつて、

上記永久磁石は、組成にTiとBが添加されているサマリウム-鉄系の永久磁石であることを特徴とする交流発電機。

【請求項2】 上記永久磁石は、磁石粉末を樹脂で結合したプラスチックマグネットである請求項1記載の交流発電機。

【請求項3】 上記永久磁石は、 $Sm_{0.2} - Fe_{7.5} - Ti_{1.3} - B_{0.1} - Ni_{0.1}$  ポンド磁石である請求項1記載の交流発電機。

【請求項4】 上記永久磁石は、耐食性の保持部材で囲われて保持されている請求項1乃至3のいずれか記載の交流発電機。

【請求項5】 上記永久磁石の爪状磁極側面に対向する側の少なくとも一部が樹脂被覆されてなる請求項1乃至4のいずれか記載の交流発電機。

【請求項6】 上記永久磁石は、第1のポールコア体の磁極及び第2のポールコア体の磁極の各々に分離、取り付けられている請求項1乃至5のいずれか記載の交流発電機。

【請求項7】 上記第1および第2のポールコア体の磁極の外周に、上記磁極の回転子回転時の遠心力による外径方向の変位を規制する規制手段を有している請求項1乃至6のいずれか記載の交流発電機。

【請求項8】 上記規制手段は、第1および第2のポールコア体の磁極の先端近傍に設けられ、上記先端の変位を規制する請求項7記載の交流発電機。

【請求項9】 上記規制手段は、耐食性材料の環状部材であつて、回転子の全外周に亘って周方向に延びた請求項7あるいは8記載の交流発電機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は交流発電機に関し、特にエンジンによって回転される車両用交流発電機に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 図12は従来の車両用交流発電機の一例を示す側断面図である。図12に示す如く、この発電機は、アルミニウム製のフロントブラケット1及びリヤブ

ラケット2から構成されたケース3と、このケース3内に設けられ、一端部にブーリ4が固定されたシャフト6と、このシャフト6に固定されたランドル型のロータ7と、ロータ7の両端面に固定されたファン5と、ケース3内の内壁面に固定されたステータ8とを備えている。

【0003】 発電機は更に、シャフト6の他端部に固定され、ロータ7に電流を供給するスリップリング9と、スリップリング9に摺動する一対のブラシ10と、このブラシ10を収納したブラシホールダ11と、ステータ8に電気的に接続されステータ8で生じた交流を直流に整流する整流器12と、ブラシホールダ11に嵌着されたヒートシンク19と、このヒートシンク19に接着されステータ8で生じた交流電圧の大きさを調整するレギュレータ20とを備えている。フロントブラケット1及びリヤブラケット2には、冷却風の通風口となる排気窓17が開けられている。

【0004】 ロータ7は、電流を流して磁束を発生する円筒状のロータコイル13と、このロータコイル13を覆って設けられ、その磁束によって磁極が形成されるポールコア14とを備えている。

【0005】 ステータ8は、ステータコア15と、このステータコア15に巻回され、ロータ7の回転に伴ってロータコイル13からの磁束の変化で交流が生じるステータコイル16とを備えている。

【0006】 ポールコア14は、一対の交互に噛み合つた第1のポールコア体21及び第2のポールコア体22から構成されている。ポールコア体21及びポールコア体22は通常鉄製であり、ロータコイル13が巻装される円筒部21e、22eと、この円筒部21e、22eが突設された円盤状の基部21k、22kより成る。基部21k、22kの外縁には、ロータコイル13の外周とステータ8の内周との間の位置に、相互に噛み合う爪状磁極23、24をそれぞれ複数有している。

【0007】 上記爪状磁極23、24は、基部21k、22k側の厚み及び幅が大きく、先端側にいくに従つて厚み及び幅が細くなる形状である。爪状磁極23、24の内周面23a、24aは、先端にいくにつれ厚みが薄くなり、外周面23b、24bは、ステータ8の内周面に沿つた弧状である。爪状磁極23、24は、ロータ7の周方向に対して台形状の2つの側面23c、24cを有する。各爪状磁極23、24は、その先端を向かい合わせて交互に噛み合わせられるので、爪状磁極23、24の内周面23a、24aの傾斜が周方向に互い違いで並ぶことになる。また、爪状磁極23、24の側面23c、24cは、根元側から先端側にいくにつれて先端側が細くなるように爪状磁極23、24の中心側に傾いている。

【0008】 隣り合う爪状磁極23、24の間には、その対向する側面23c、24c同志で磁束の漏洩を減少する向きに着磁されたほぼ直方体形状の永久磁石30A

が固着されている。

【0009】動作を以下に説明する。図ししてないバッテリからブラン10、スリッピング9を通じてロータコイル13に電流が供給されて磁束が発生し、第1のポールコア体21の爪状磁極23にはN極が着磁され、第2のポールコア体22の爪状磁極24にはS極が着磁される。一方、エンジンの回転力によってブーリ4が回転され、シャフト6によってロータ7が回転するためステータコイル16には交流の起電力が生じる。この交流の起電力は、整流器12を経て直流に整流されるとともに、レギュレータ20によりその大きさが調整されて、図ししてないバッテリに充電される。

【0010】爪状磁極23、24の側面23c、24c間に固着され、磁束の漏洩を減少する向きに着磁された直方体形状の磁石30Aは、プラスチックマグネットである。磁石の材料としては、コスト的にはフェライト磁石が有利であるが、強度的に脆く加工性が低いことや、着磁できる残留磁束密度が低く、特性的に熱に弱いなどの理由からあまり用いられない。従って、磁石材料としては、磁石形状の自由度が高く、残留磁束密度が大きいなどの利点から、プラスチックマグネットが多く用いられる。プラスチックマグネットとしては、ネオジウム-鉄-ボロン系(Nd-Fe-Co-Bボンド磁石)およびサマリウム-鉄系(Sm-Fe-Nボンド磁石)のものが用いられている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】Nd-Fe-Co-Bボンド磁石の残留磁束密度Brの温度係数は、-0.1%/K(負の温度係数)であり、Sm-Fe-Nボンド磁石の残留磁束密度Brの温度係数は、-0.07%/K(負の温度係数)であるため、交流発電機が高温状態になった時、磁石の効果が低くなり発電機出力が低下してしまう。

【0012】また一般に磁石には、磁石を高温に曝した後常温に戻しても磁束(磁力)が初期特性値にまで回復しない不可逆減磁という現象があり、そのような変化の割合を不可逆減磁率といふ。ここでは、磁石を373Kの高温度に於いて加熱した場合の不可逆減磁率であって、加熱時間が2時間の場合を2時間不可逆減磁率と呼び、加熱時間が300時間の場合を300時間不可逆減磁率と呼ぶことにすると、Nd-Fe-Co-Bボンド磁石の2時間不可逆減磁率(373K×2hr)は-4.4%であり、300時間不可逆減磁率(373K×300hr)は-5.4%である。Sm-Fe-Nボンド磁石の2時間不可逆減磁率(373K×2hr)は-4.0%であり、300時間不可逆減磁率(373K×300hr)は-5.3%である。従って、交流発電機が高温で連続的に使用された場合、磁石の磁気特性が劣化するため交流発電機の出力は初期値に比べて低下することになる。

【0013】一方、Nd-Fe-Co-B磁粉の高温保持(373K×300hr)後の酸素含有量は0.8wt%であ

10

り、Sm-Fe-N磁粉の高温保持(373K×300hr)後の酸素含有量は0.4wt%である。この酸素含有量が大きいほど錆が発生しやすく、プラケットに排気窓を有している場合は、外部からの影響、例えば水の浸入等によって磁粉や磁極に錆が発生する危険性が大きくなる。錆が発生すると、磁石強度および磁極と磁石との接着強度が低下し、高速回転時の回転子強度が著しく低下する。特に、Nd-Fe-Co-Bボンド磁石は、酸素含有量がSm-Fe-Nボンド磁石の酸素含有量の2倍もあり、耐酸化性に劣るためエポキシ塗装やメッキなどの表面処理が必要でコストがかかる。

【0014】従ってこの発明の目的は、交流発電機が高温運転されても交流発電機出力の低下がなく、高速回転時の回転子強度が充分に大きな、低価格の交流発電機を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、上述の課題を解決するための手段は次の通りである。

20

(1) 排気窓を有するプラケットに内含され、ロータの回転磁界により三相交流を発生するステータと、磁束を発生するロータコイル、このロータコイルを覆って設けられ、交互に噛み合うように突出される爪状磁極をそれぞれ有する第1のポールコア体及び第2のポールコア体から構成されたポールコア、上記爪状磁極の両側面側に配設され、隣り合う爪状磁極の側面同士の磁束の漏洩を低減する永久磁石、発電機出力電流による発熱体を冷却するロータ軸方向両端に取り付けられたファンを有しているロータと、を有する交流発電機であって、上記永久磁石は、組成にTiとBが添加されているサマリウム-鉄系の永久磁石(Sm-Fe-Ti-B-N磁石)であることを特徴とする交流発電機。

30

【0016】(2) 上記永久磁石は、磁石粉末を樹脂で結合したプラスチックマグネットで作ることができる。

【0017】(3) 上記永久磁石は、Sm<sub>2</sub>-Fe<sub>14</sub>-Ti<sub>2</sub>-B<sub>0.5</sub>-N<sub>1.5</sub>ボンド磁石で良い。

40

【0018】(4) 上記永久磁石は、耐食性部材で囲まれて保持されていても良い。

【0019】(5) 上記永久磁石の爪状磁極側面に対向する側の少なくとも一部が樹脂含浸されていても良い。

【0020】(6) 上記永久磁石は、第1のポールコア体の磁極及び第2のポールコア体の磁極の各々に分離、取り付けられていても良い。

50

【0021】(7) 上記第1および第2のポールコア体の磁極の外周に、上記磁極の回転子回転時の遠心力による外径方向の変位を規制する規制手段を有していても良い。

【0022】(8) 上記規制手段は、第1および第2のポールコア体の磁極の先端近傍に設けられ、上記先端の変位を規制するものでよい。

【0023】(9) 上記規制手段は、耐食性材料であつ

て、回転子の全外周に亘って周方向に延びたものでよい。

【0024】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1にはこの発明の交流発電機の回転子を斜視図で示し、図2にはこの回転子を部品単位で分解した側面図で示す。この発明の交流発電機の全体構造は図1に示すような従来の交流発電機と同様であるが、隣り合う爪状磁極23、24の間に挿入され固着されて、その対向する側面23c、24c同志で磁束の漏洩を減少する向きに着磁された直方体形状の永久磁石30が異なっている。即ち、この発明によれば、爪状磁極23、24間に固着された永久磁石30は、組成にTiとBが添加されているサマリウム-鉄系のプラスチックマグネット(Sm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石)である。このような永久磁石30の一例はSm<sub>2</sub>-Fe<sub>15.6</sub>-Ti<sub>2.3</sub>-B<sub>0.9</sub>-N<sub>1.1</sub>ボンド磁石である。

【0025】図3の表には、本発明のボンド磁石について、残留磁束密度の温度係数および磁石を高温に曝した後常温に戻した時の磁束(磁力)の特性値が初期特性値に対して変化した割合である不可逆減磁率を、磁石を373Kで2時間加熱した場合(2時間不可逆減磁率)と、300時間加熱した場合(300時間不可逆減磁率)とを、従来のボンド磁石と比較して示してある。図3から、従来のNd-Fe-Co-Bボンド磁石(例えばNd<sub>2</sub>-Fe<sub>17.6</sub>-Co<sub>3</sub>-B<sub>1</sub>)の残留磁束密度B<sub>r</sub>の温度係数は-0.10%/K(負の温度係数)であり、同じく従来のSm-Fe-Nボンド磁石(例えばSm<sub>2</sub>-Fe<sub>18.0</sub>-N<sub>1.1</sub>)の残留磁束密度B<sub>r</sub>の温度係数は-0.07%/K(負の温度係数)であるため、交流発電機が高温状態になった時、磁石の残留磁束密度が小さくなり、磁束の漏洩を低減する効果が低くなるため発電機出力が低下してしまう。本発明のSm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石(例えばSm<sub>2</sub>-Fe<sub>15.6</sub>-Ti<sub>2.3</sub>-B<sub>0.9</sub>-N<sub>1.1</sub>)の残留磁束密度B<sub>r</sub>の温度係数は-0.06%/Kであり、従来磁石と比べて負で大きい(0%/Kに近くなる。)ことから、交流発電機が高温状態になった時の磁石の残留磁束密度の低下が小さく、発電機出力の低下が軽減できる。

【0026】図5のグラフには本発明の交流発電機に於ける発電機回転速度(r/min)に対する発電機出力電流の変化の様子を、従来の交流発電機と比較して、冷時出力特性(A)および熱時出力特性(B、C)について示してある。図5のグラフから明らかなように、冷時出力特性については、発電機出力特性は本発明の発電機でも従来の発電機でも同じ曲線Aであらわされる。従来の発電機の熱時出力特性は冷時出力特性の曲線Aよりも出力電流値の低い曲線Cのようになるが、本発明の発電機の熱時出力特性は曲線Cよりも出力電流値の大きい曲線Bのようになる。これは、磁石の残留磁束密度の温度係数が従来より負で大きいためで、温度上昇時の残留磁束密度の減少量が小さくなつたためである。

10

20

30

30

40

50

【0027】また、図3から、従来のNd-Fe-Co-Bボンド磁石の2時間不可逆減磁率(373K×2hr)は-4.4%であり、300時間不可逆減磁率(373K×300hr)は-5.4%である。同じく従来のSm-Fe-Nボンド磁石の2時間不可逆減磁率(373K×2hr)は-4.0%であり、300時間不可逆減磁率(373K×300hr)は-5.3%である。これら従来磁石に対し、本発明のSm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石の2時間不可逆減磁率(373K×2hr)は-2.1%であり、300時間不可逆減磁率(373K×300hr)は-2.5%である。つまり、本発明のSm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石は、2時間不可逆減磁率、300時間不可逆減磁率ともに従来の半分程度である。従って、交流発電機が高温で連続的に使用された場合に、従来の磁石では磁気特性の劣化が大きく、交流発電機の出力特性は初期に比べて劣化するが、本発明のSm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石を用いた場合は、磁気特性の劣化が小さく、交流発電機の出力特性の劣化も従来の半分程度に小さくでき、磁石の効果が安定的に得られる。

【0028】図6のグラフには本発明の交流発電機に於ける高温連続運転時間(hr)に対する交流発電機出力電流の低下率(%)の変化を従来の交流発電機の変化と比較して示してある。図6のグラフから明らかなように、従来の発電機での低下率の曲線Dは高温連続運転開始から約10時間程度までは急激に下がり、その後は時間の経過と共に緩やかな低下を示しているが、本発明の発電機の低下率は曲線Eで示すように始めの約1時間を越える辺りまで従来のもの約50%の低下率であり、その後は時間の経過と共に緩やかに次第に減少していく。本発明の発電機出力電流の低下率は全体として従来のものの低下率の約50%であると言える。これは、本発明の磁石の不可逆減磁率が、従来の磁石に比べて半分程度であり、磁石の高温連続使用による特性劣化が半減するためである。

【0029】図4のグラフは磁粉を373Kの高温下で保持した時の磁粉の酸素含有量の時間的変化を示してある。図4のグラフから明らかなように、従来のNd-Fe-Co-B磁粉は高温保持373K×300時間後の酸素含有量の増加量は0.8wt%であり、同じく従来のSm-Fe-N磁粉の高温保持373K×300時間後の酸素含有量は0.4wt%であるのに対し、本発明のSm-Fe-Ti-B-N磁粉の高温保持373K×300時間後の酸素含有量は0.3wt%であり、従来の磁石に比べ耐酸性に優れる。

【0030】従って、ブレケットの排気窓から水の浸入が有った場合などでも、本発明の磁石は鏽びにくく耐食性・耐環境性に優れた交流発電機を得ることができる。また、表面処理の必要なNd-Fe-Co-Bボンド磁石に対してはコスト低減も可能である。

【0031】このように、この発明の交流発電機によ

ば、従来よりも高温時の出力を向上でき、かつ、耐久性・耐環境性に優れ、強度低下が防止された交流発電機を提供できる。

【0032】実施の形態2、図7には本発明の交流発電機の回転子のポールコア体21、22の爪状磁極23、24間に配置された永久磁石30を斜視図で示し、図8には爪状磁極23と永久磁石30との関係を断面図で示してある。永久磁石30はSm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石であり、磁性樹脂板材料あるいは磁性金属板等の耐食性材料でできた保持部材41に固定されている。保持部材41はほぼ台形の板部材の斜辺部分に断面ほぼコの字形の折り曲げ部分42を設けたもので、このほぼコの字形部分42の内側に永久磁石30を接着剤等によって固定したものであり、永久磁石30はその周囲を折り曲げ部分42によって囲まれている。このようにして永久磁石30が斜辺に沿って固定された保持部材41は、その中央部43で爪状磁極23、24の内周面に接着剤などにより固定されている。

【0033】この構成によれば永久磁石30は耐食性の保持部材41によって囲まれているので、外部環境の影響を受けにくくなり、Sm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石自身の持つ耐食性と合わせて永久磁石30の防錆効果が向上し、耐環境性が向上する。また、永久磁石30を保持する保持部材41の材料として熱伝導率の低いモールド樹脂を用いた場合でも、Sm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石は熱安定性に優れているので、従来磁石と比べて高温時の出力低下が低減される。以上より、従来よりも高温時の出力低下を防ぎ、かつ、耐久性・耐環境性に優れ、強度低下を防止できる。

【0034】実施の形態3、図9に示す構造は、図8に示す永久磁石30の磁極23への取付構造と同様であるが、爪状磁極23の側面と、それに対向する永久磁石30の磁極面との間にできる隙間44に磁性樹脂45を充填してある。この磁性樹脂45により隙間44による空隙を塞ぐとともに、永久磁石30の露出表面をも覆って永久磁石30の露出部を減少させてある。この構造によれば、図7および図8の実施形態よりもさらに永久磁石30への外部環境の影響を低減でき、更なる防錆効果が得られる。なお、永久磁石30を囲む保持部材41および隙間44に充填された樹脂により磁石が覆われるため永久磁石30の放熱が悪化する可能性があるが、Sm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石は熱安定性に優れているので、従来の磁石と比べて高温時の出力低下が低減される。また、耐久性・耐環境性に優れ、強度低下を防止できる。

【0035】実施の形態4、図10および図11に示す交流発電機の回転子に於いては、第1および第2のポールコア体21、22の磁極23、24の先端部および根本部の外周に環状で帯状の規制部材46が嵌められている。この円環状の規制部材46は磁極23、24の先端部が交流発電機の運転時に遠心力により径方向外側に広

がろうとするのを防ぐものである。このような構成により磁極23、24の外径側への変位が抑制され、強度向上となる。

【0036】実施の形態5、図11に示す交流発電機の回転子48はまた、回転子48の外周全体でポールコア体21、22と永久磁石30との上に巻き付けられて固定された樹脂含浸カーボン繊維のテープ49を備えている。このテープ49はポールコア体21、22と永久磁石30とを外周部で強固に支持しているので、磁極23、24の外径側への変位抑制機能が更に向上するとともに、磁石の飛び出しも防ぐことができ、回転子全体が外周側から耐食性のテープ49により覆われることになるので、外部環境の影響を更に受けにくくなり、耐環境性が向上する。

【0037】

【発明の効果】以上の如く本発明の交流発電機による効果は次の通りである。

(1) 排気窓を有するブラケットに内含され、ロータの回転磁界により三相交流を発生するステータと、磁束を発生するロータコイル、このロータコイルを覆って設けられ、交互に噛み合うように突出される爪状磁極をそれぞれ有する第1のポールコア体及び第2のポールコア体から構成されたポールコア、上記爪状磁極の両側面側に配設され、隣り合う爪状磁極の側面同士の磁束の漏洩を低減する永久磁石、発電機出力電流による発熱体を冷却するロータ軸方向両端に取り付けられたファンを有しているロータと、を有する交流発電機であって、上記永久磁石は、組成にTiとBが添加されているサマリウム-鉄系の永久磁石(Sm-Fe-Ti-B-N磁石)である。従って、Sm-Fe-Ti-B-N磁石は熱安定性に優れるので、交流発電機が高温で運転される時の出力電流の低下が低減でき、また、耐食性・耐環境性にも優れるため、水の浸入など外的影響による錆の発生が起こりにくくという効果も得られるため、従って、高温時の出力を向上でき、かつ、耐久性・耐環境性に優れた交流発電機を供給できる。

【0038】(2) 上記永久磁石は、磁石粉末を樹脂で結合したプラスチックマグネットで作ることができるので、磁石粉末が樹脂で結合されていて、防錆効果が向上するとともに、韌性が高く、強度に優れる。

【0039】(3) 上記永久磁石は、 $Sm_{0.2}Fe_{5.6}Ti_{2.2}B_{0.9}N_{0.1}$ ボンド磁石で良いので、熱安定性に優れている。

【0040】(4) 上記永久磁石は、耐食性部材で囲われて保持されていても良い。磁石を保持部材で囲う事により、さらに外的影響を受けにくく防錆効果を向上でき、磁石の熱安定性が優れることから高温時の出力低下を軽減できる。

【0041】(5) 上記永久磁石の爪状磁極側面に対向する側の少なくとも一部が樹脂充填されていても良いので、磁石と爪状磁極の側面との間の隙間を樹脂を充填し

て埋めることとなり、永久磁石への外部環境の影響、即ち外的影響をさらに遮断して防錆効果を向上させることができ、磁石の放熱性が悪化しても磁石の熱安定性が優れることから高温時の出力低下を低減できる。

【0042】(6) 上記永久磁石は、第1のポールコア体の磁極及び第2のポールコア体の磁極の各々に分離、取り付けられていても良い。永久磁石は、各ポールコア体の磁極各々に分離、取り付けられているので、各ポールコア体の磁極の変位とともに磁石も可動することができる、過度の応力が発生せず、強度に優れる。また、可動部を有することにより、この部位での錆の発生が生じても、回転時に可動することによって錆が剥離し進展しにくくなる。

【0043】(7) 上記第1および第2のポールコア体の磁極の外周に、上記磁極の回転子回転時の遠心力による外径方向の変位を規制する規制手段を有していても良い。錆の発生により、磁石強度および磁極と磁石との接着強度が低下するが、ポールコア体の磁極が回転子回転時の遠心力による外径方向の変位を規制する規制手段を有しているので、強度向上する。

【0044】(8) 上記規制手段は、第1および第2のポールコア体の磁極の先端近傍に設けられ、上記先端の変位を規制するものでよい。規制手段は、回転時の最も変位の大きなポールコア体の磁極の先端で規制されているので、変位抑制効果が大きい。

【0045】(9) 上記規制手段は、耐食性材料であって、回転子の全外周に亘って周方向に延びたものでよい。上記規制手段は、回転子の外周全体より規制されているので、磁極の変位抑制効果と、磁石の飛び出し防止効果がある。また、外周側から耐食性部材で囲うことにより、外的影響を受けにくくなりさらに耐環境性が向上する。

【図面の簡単な説明】

\* 【図1】本発明の交流発電機の回転子の斜視図である。  
【図2】本発明の交流発電機の回転子のコイルとポールコアと永久磁石との関係を分解側面図である。

【図3】本発明の交流発電機に用いる永久磁石の熱安定性を残留磁束密度の温度係数および不可逆減磁率によって示す表である。

【図4】磁粉の酸素量の時間変化を示すグラフである。  
【図5】本発明の交流発電機の回転速度に対する出力電流の変化を冷時および熱時について従来のものと比較して示すグラフである。

【図6】本発明の交流発電機の運転時間に対する出力電流の低下率を従来のものと比較して冷時および熱時について示すグラフである。

【図7】本発明の一実施形態の交流発電機の回転子のポールコアと永久磁石との関係を示す斜視図である。

【図8】本発明の交流発電機の回転子のポールコアと永久磁石との関係を示す断面図である。

【図9】図8と同様の本発明の交流発電機の回転子のポールコアと永久磁石との関係を示す断面図である。

【図10】本発明の交流発電機の回転子のポールコアと規制部材との関係を示す断面図である。

【図11】本発明の交流発電機の回転子に巻かれたテープを示す斜視図である。

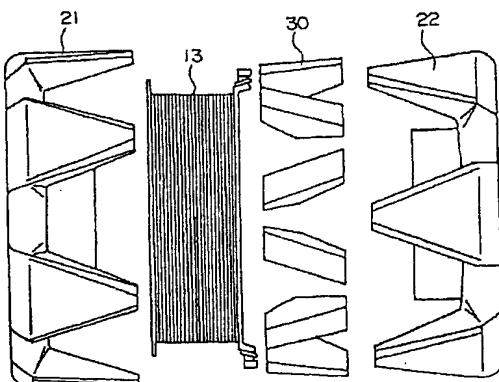
【図12】本発明を適用できる交流発電機を示す側面断面図である。

【符号の説明】

1、2 ブラケット、5 ファン、7 ロータ、8 ステータ、13 ロータコイル、14 ポールコア、17 排気窓、21 第1のポールコア体、22 第2のポールコア体、23、24 爪状磁極、30 永久磁石、41 保持部材、45 樹脂被覆、46 規制手段、49 環状部材(テープ)。

\*

【図2】

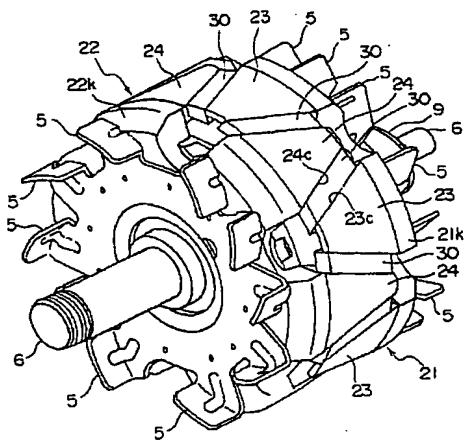


ボンド磁石の熱安定性

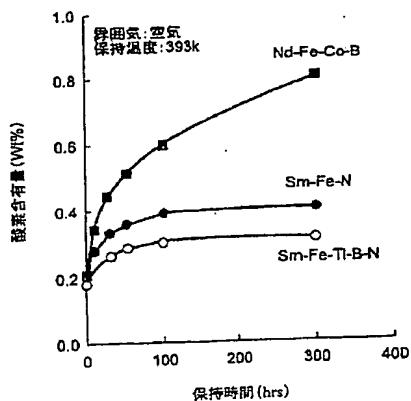
ボンド磁石の熱安定性	残留磁束密度 Brの温度係数 (%/K)	不可逆減磁率 2時間 (%)	不可逆減磁率 30時間 (%)
Sm-Fe-Ti-B-Nボンド磁石	-0.06	-2.1	-2.5
Sm-Fe-Nボンド磁石	-0.07	-4.0	-5.3
Nd-Fe-Co-Bボンド磁石	-0.10	-4.4	-5.4

【図3】

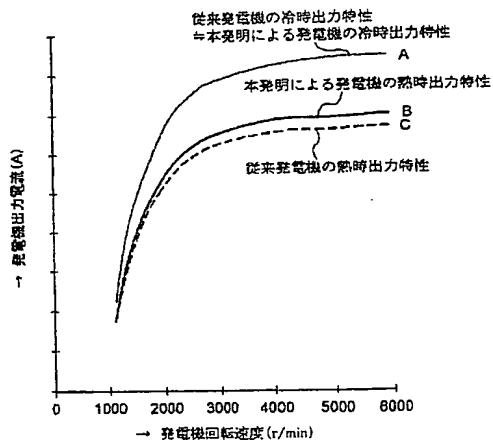
【図1】



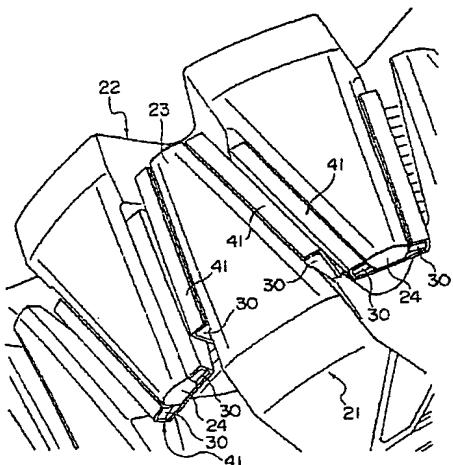
【図4】



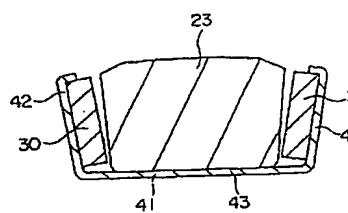
【図5】



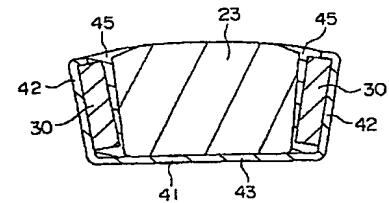
【図7】



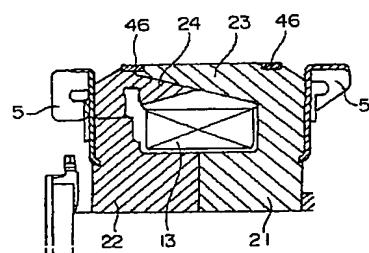
【図8】



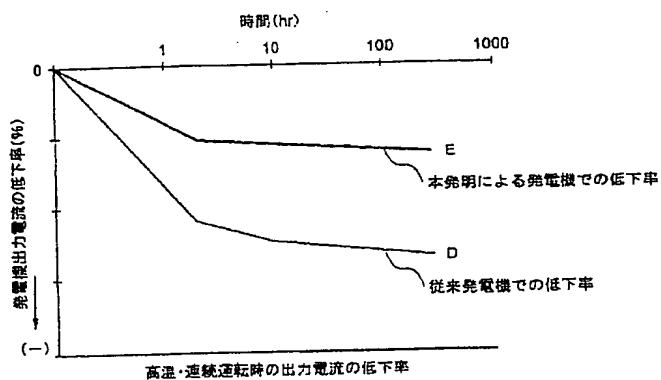
【図9】



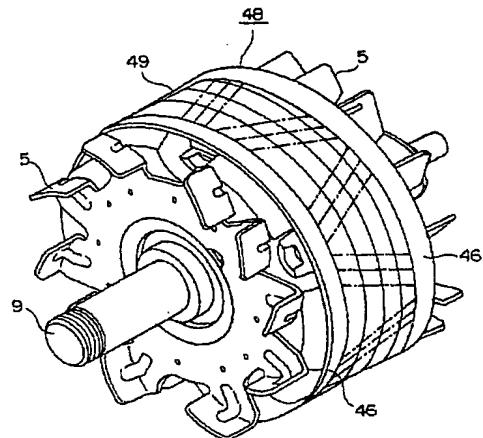
【図10】



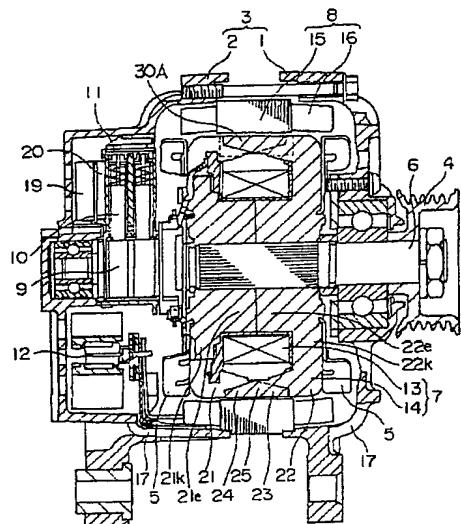
[図6]



[図 11]



[図12]



### 【手続補正書】

〔提出日〕平成13年2月26日(2001.2.2)

6)

### 【手続補正 1】

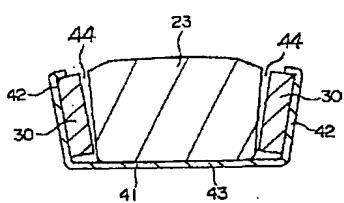
【補正対象書類名】図面

### 【補正対象項目名】図 8

### 【補正方法】変更

### 【補正内容】

[図8]



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.?		識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 2 K	1/24		H 0 2 K	5 0 1 Z 5 H 6 2 2
1/27		5 0 1	9/06	C
9/06			21/04	
21/04			H 0 1 F	H

F.ターム(参考) 5E040 AA04 AA19 BB03 BC05 CA01  
NN01

5H002 AA02 AC04 AC06 AC08 AE02  
5H609 BB01 BB05 PP07 PP08 PP09  
QQ02 QQ11 RR02 RR05 RR16  
RR18 RR20 RR21  
5H619 AA01 AA11 BB02 BB06 BB17  
PP02 PP06 PP08  
5H621 GA07 GA13  
5H622 CA02 CA07 CA10 CB01 CB04  
DD02 DD04 PP03 PP07 PP09  
QA03 QA08

ぱるも

'05. 6. 24

特許事務所



US006815864B2

(12) **United States Patent**  
Tanaka et al.

(10) Patent No.: **US 6,815,864 B2**  
(45) Date of Patent: **\*Nov. 9, 2004**

(54) **AC GENERATOR**(75) Inventors: **Katsunori Tanaka, Tokyo (JP); Yoshihito Asao, Tokyo (JP)**(73) Assignee: **Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, Tokyo (JP)**

(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

This patent is subject to a terminal disclaimer.

(21) Appl. No.: **09/839,209**(22) Filed: **Apr. 23, 2001**(65) **Prior Publication Data**

US 2002/0011757 A1 Jan. 31, 2002

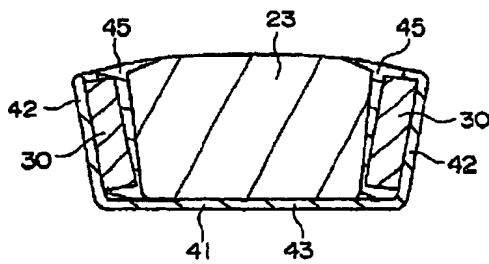
(30) **Foreign Application Priority Data**

Jul. 25, 2000 (JP) ..... 2000-223896

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ..... **H02K 19/22; H02K 21/22; H02K 5/00**(52) U.S. Cl. ..... **310/263; 310/156.21; 310/156.31**(58) Field of Search ..... **310/43, 91, 263, 310/156.31, 156.21; 29/596-598**(56) **References Cited**

## U.S. PATENT DOCUMENTS

3,445,694 A \* 5/1969 Campbell et al. ..... 310/263  
4,700,093 A \* 10/1987 Negishi ..... 310/89  
5,021,696 A \* 6/1991 Nelson ..... 310/62  
5,424,591 A \* 6/1995 Kuriyama ..... 310/12  
5,684,352 A \* 11/1997 Mita et al. ..... 310/156  
5,698,918 A \* 12/1997 Shinoda et al. ..... 310/89  
5,705,970 A \* 1/1998 Nishida et al. ..... 335/303  
5,708,318 A \* 1/1998 Fudono ..... 310/263  
5,779,453 A \* 7/1998 Nagayama et al. ..... 417/410.4



5,793,143 A \* 8/1998 Harris et al. ..... 310/263  
5,800,728 A \* 9/1998 Iwata ..... 148/301  
5,801,470 A \* 9/1998 Johnson et al. ..... 310/156  
RE36,038 E \* 1/1999 Nakamura et al. ..... 310/65  
5,903,083 A \* 5/1999 Mukai et al. ..... 310/263  
5,903,084 A \* 5/1999 Asao et al. ..... 310/263  
6,051,077 A \* 4/2000 Sekine et al. ..... 148/105  
6,144,138 A \* 11/2000 Ragaly ..... 310/263  
6,172,433 B1 \* 1/2001 Asao ..... 310/62  
6,291,918 B1 \* 9/2001 Umeda et al. ..... 310/263  
6,333,582 B1 \* 12/2001 Asao et al. ..... 310/263  
6,369,471 B1 \* 4/2002 Whited et al. ..... 310/62

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

JP 405211741 A \* 8/1993 ..... 310/67 R  
JP 11-136913 5/1999 ..... H02K/19/22

## OTHER PUBLICATIONS

Abstract of Japan 11136913 A May 21, 1999.

\* cited by examiner

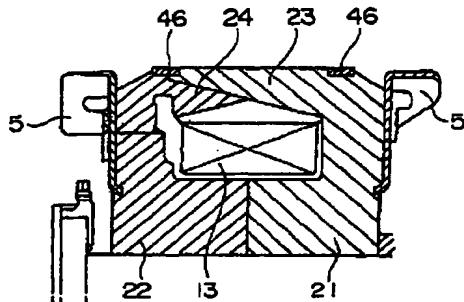
Primary Examiner—Tran Nguyen

(74) Attorney, Agent, or Firm—Sughrue Mion, PLLC

(57) **ABSTRACT**

An ac generator comprising a rotor coil for generating a magnetic flux, a pole core disposed to cover the rotor coil and having pawl-shaped magnetic poles projecting in staggered and alternating relationship, permanent magnets disposed on both side surfaces of the pawl-shaped magnetic poles for reducing the leakage of the magnetic flux, and a fan for cooling. The permanent magnets are samarium-iron alloy magnets containing Ti and B, or plastic magnets made of magnet powder bonded together by a resin, bonded magnets of  $\text{Sm}_{0.2}-\text{Fe}_{75.6}-\text{Ti}_{2.3}-\text{B}_{0.9}-\text{N}_{1.3}$ . One portion of the side opposing to the pawl-shaped magnetic pole side surfaces of the permanent magnet may be resin-coated. A restricting means for restricting the displacement of the magnetic pole in the radial direction may be disposed in the vicinity of the tips of the magnetic poles.

7 Claims, 11 Drawing Sheets



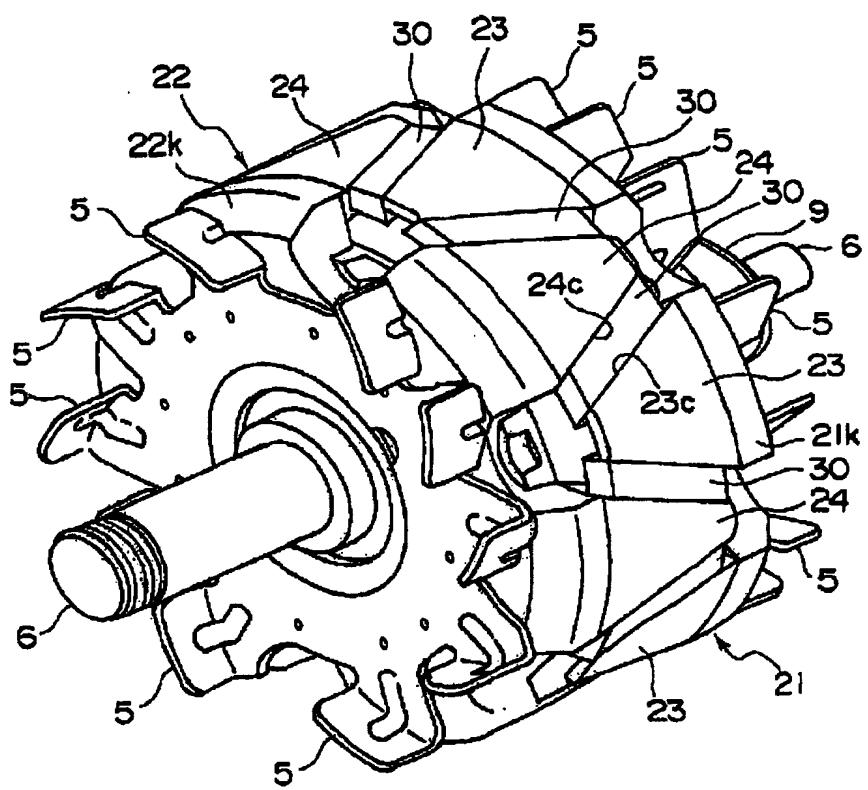
**FIG. 1**

FIG. 2

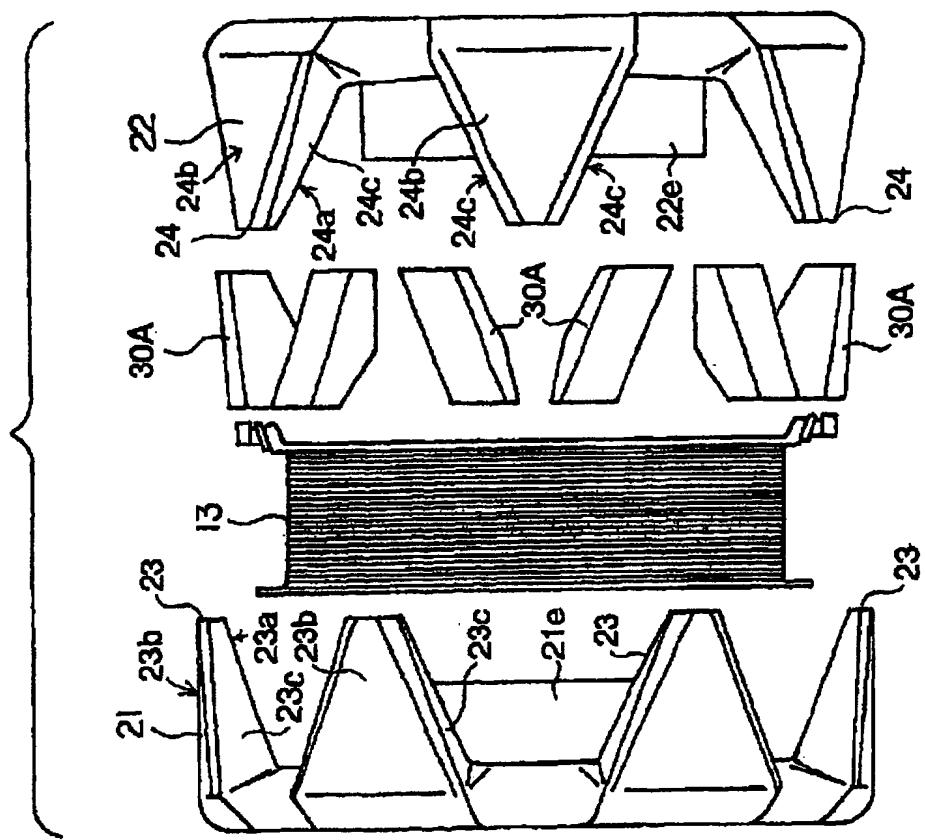
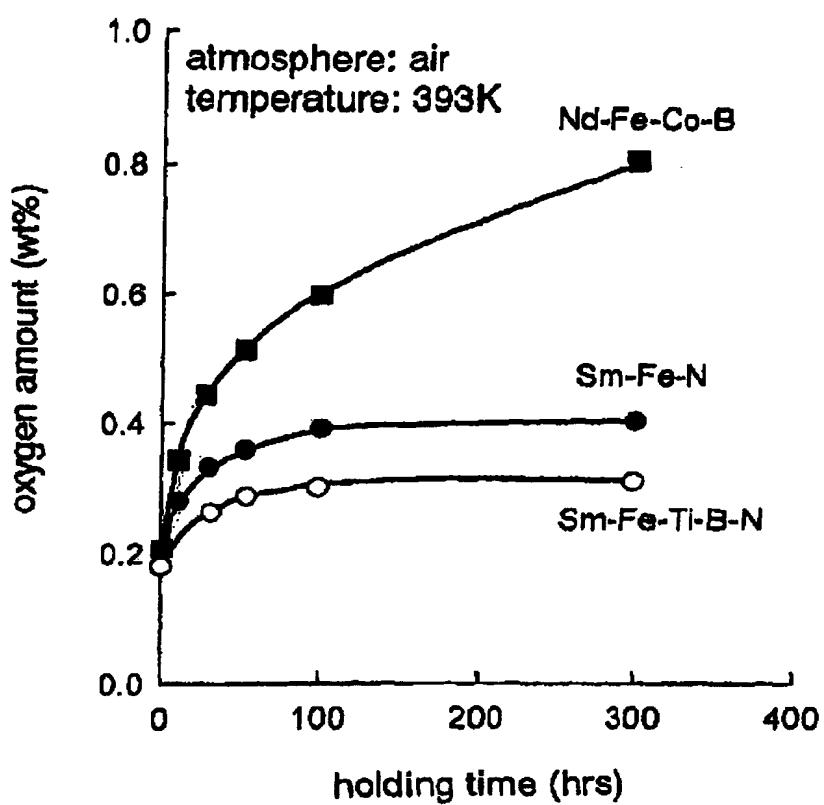
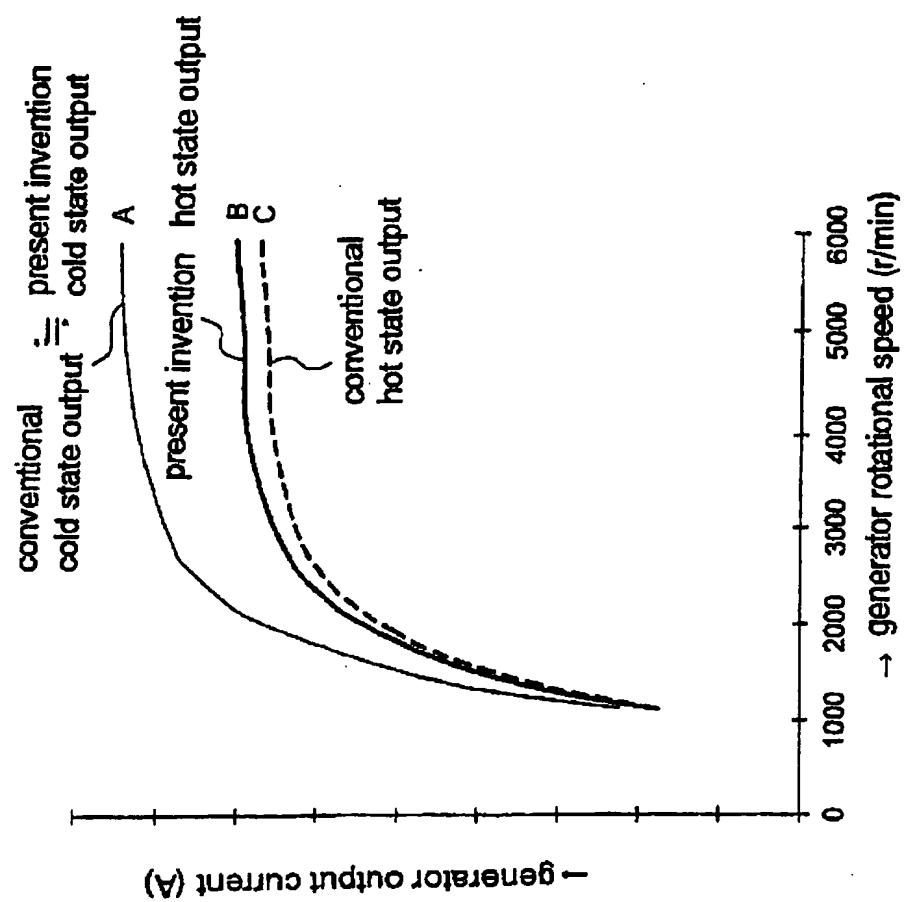
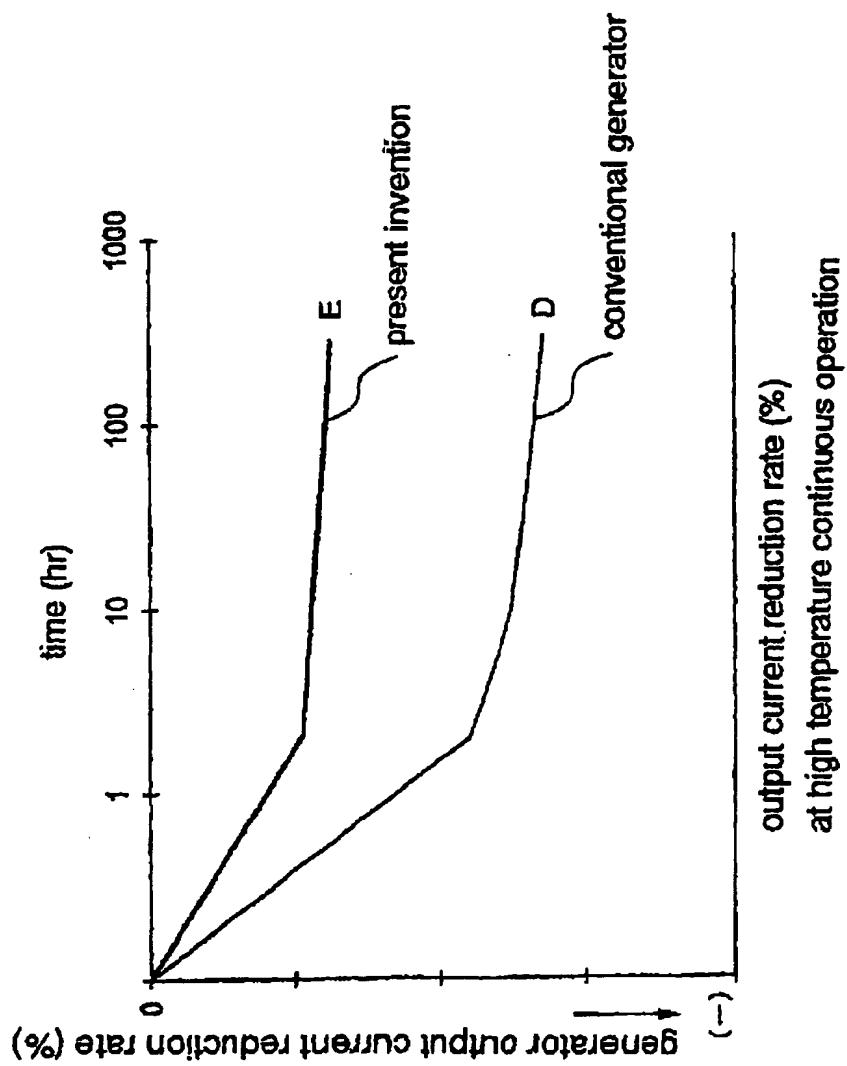


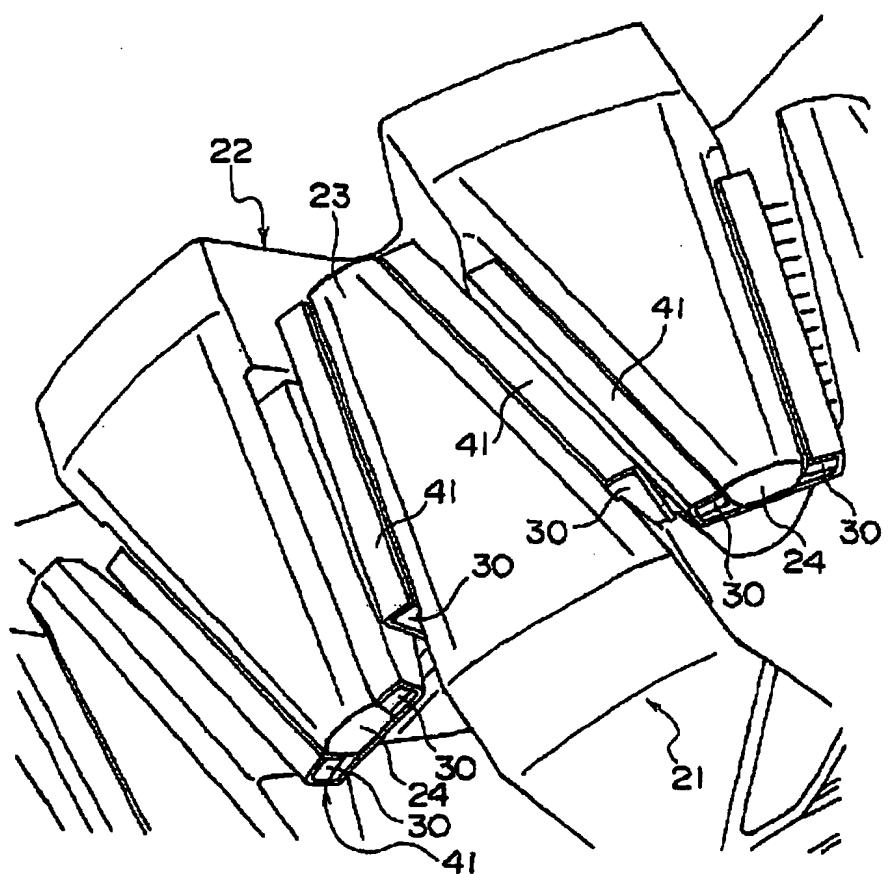
FIG. 3

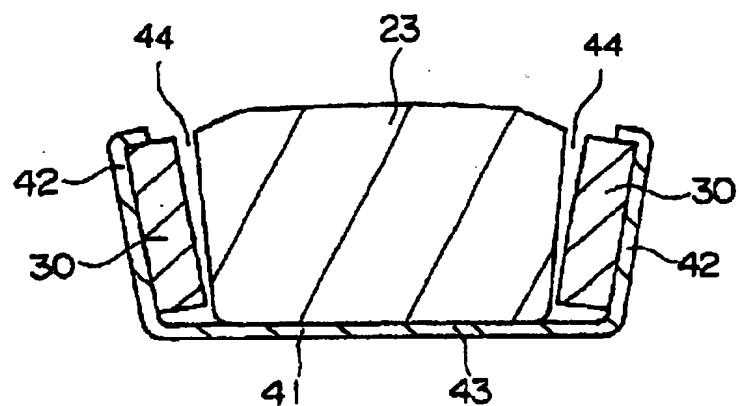
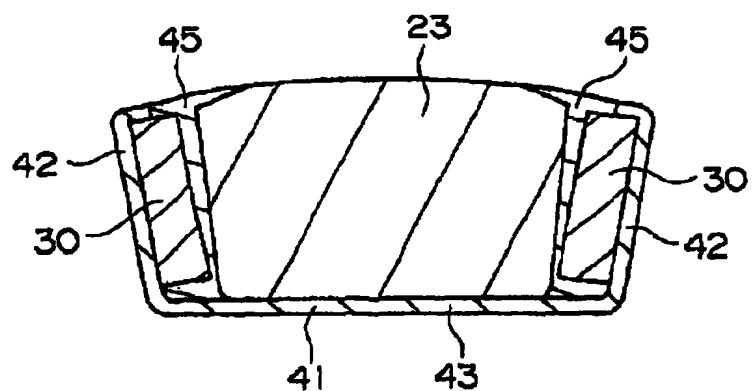
thermal stability of bond magnet	temperature coefficient of residual magnetic flux density (%/K)	non-reversible demagnetizing factor 2 hours (%)	non-reversible demagnetizing factor 300 hours (%)	non-reversible demagnetizing factor (%)
Sm-Fe-Ti-B-N bond magnet	-0.06	-2.1		-2.5
Sm-Fe-N bond magnet	-0.07	4.0		-5.3
Nd-Fe-Co-B bond magnet	-0.10	4.4		-5.4

**FIG. 4**

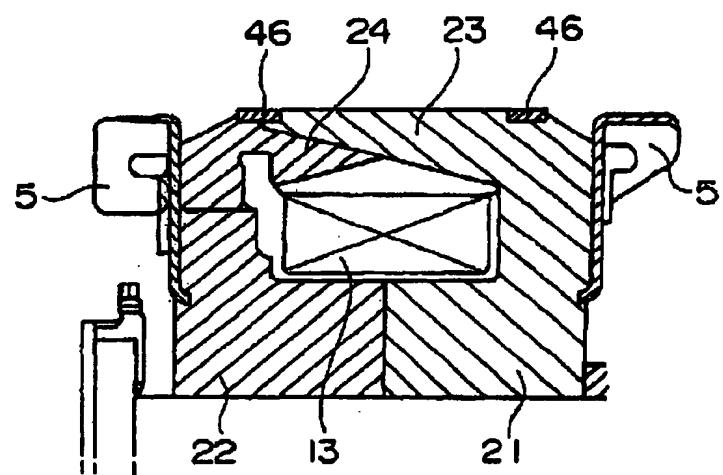
**FIG. 5**

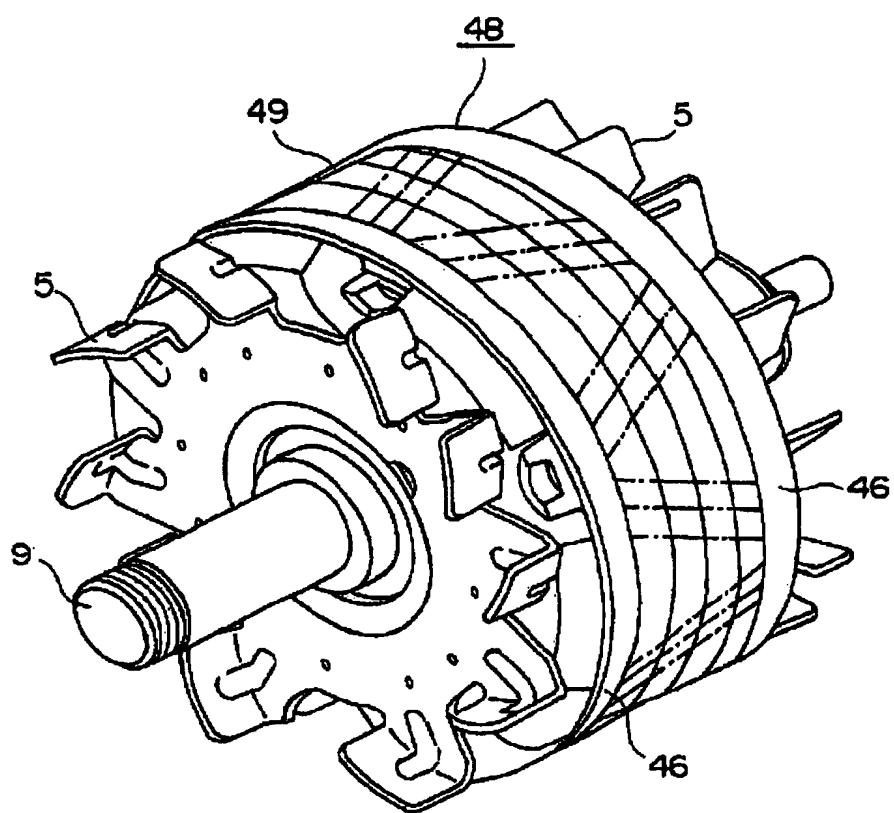
**FIG. 6**

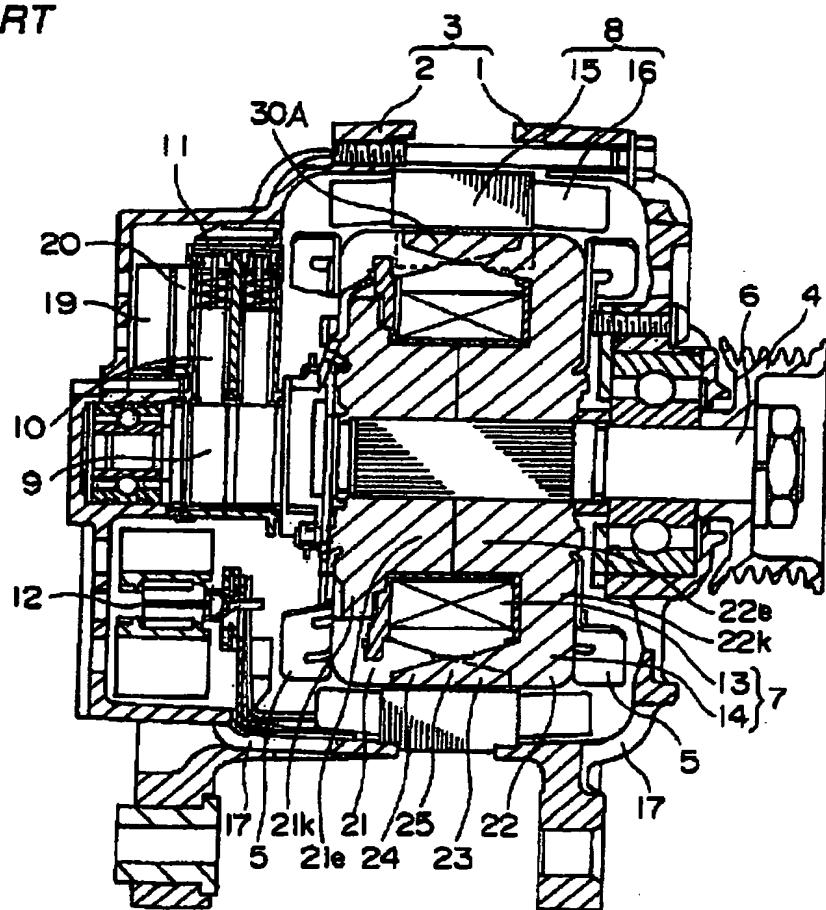
**FIG. 7**

**FIG. 8****FIG. 9**

**FIG. 10**



**FIG. 11**

**FIG. 12****PRIOR ART**

1  
AC GENERATOR

This application is based on Application No. 2000-223896, filed in Japan on Jul. 25, 2000, the contents of which are hereby incorporated by reference.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

This invention relates to an ac generator and, more particularly, to a vehicular alternating current generator driven by an engine.

FIG. 12 is a sectional side view showing one example of a conventional vehicular ac generator. As shown in FIG. 12, the generator comprises a case 3 composed of a front bracket 1 and a rear bracket made of aluminum, a shaft disposed within the case 3 and having a pulley 4 secured to one end portion, a, Randal-type rotor 7 secured to the shaft 6, a fan 5 fixed to the opposite ends of the rotor 7 and a stator 8 secured to an inner surface of the case 3.

The generator further comprises a slip ring 9 attached to the other end of the shaft 6 for supplying an electric current to the rotor 7, a pair of brushes 10 sliding on the slip ring 9, a brush holder 11 housing the brushes 10 therein, a rectifier 12 electrically connected to the stator 8 for rectifying an alternating current generated in the stator 8 into a direct current, a heat sink 19 fitted over the brush holder 11 and a regulator 20 attached to the heat sink 19 and regulating the magnitude of the ac voltage generated in the stator 8. The front bracket 1 and the rear bracket 2 each has an exhaust window 17 which serves as a ventilation port for a cooling wind.

The rotor 7 comprises a cylindrical rotor coil 13 through which an electric current flows for generating magnetic fluxes and a pole core 14 disposed to cover the rotor coil 13 for generating a magnetic core.

The stator 8 comprises a stator core 15 and a stator coil 16 wound on the stator core 15 and generating an alternating current due to the change in magnetic fluxes from the rotor coil 13 upon the rotation of the rotor 7.

The pole core 14 comprises a pole core member 22 including a pair of first pole core member 21 and a second pole core member 22 meshing with each other. The pole core member 21 and the pole core member 22 are usually made of iron and comprises cylindrical portions 21e and 22e to which the rotor coil 13 is wound and base portions 21k and 22k from which the cylindrical portions 21e and 22e are projected. Disposed respectively at the outer edges of the base portions 21k and 22k and between the outer circumference of the rotor coil 13 and the inner circumference are plurality of pawl-like magnetic poles 23 and 24 meshing with each other.

The pawl-like magnetic poles 23 and 24 have a large thickness and width at the base 21k and 22k and smaller thickness and width toward the tip end. The inner circumferential surfaces 23a and 24a of the pawl-like magnetic poles 23 and 24 have thinner thickness at the tip portion and the outer circumferential surfaces 23b and 24b are curved in an arc along the inner circumferential surface of the stator 8. The pawl-like magnetic poles 23 and 24 have two trapezoidal side surfaces 23c and 24c in relation to the circumferential direction of the rotor 7. Since the respective pawl-like magnetic poles 23 and 24 are placed in an alternatingly meshing relationship with their tip opposing to each other, the inclined faces of the inner circumferential surfaces 23a and 24a of the pawl-like magnetic poles 23 and 24 are arranged in a circumferential row in an alternating relationship. Also, the side surfaces 23c and 24c of the pawl-like

## 2

magnetic poles 23 and 24 are inclined toward the centers of the pawl-like magnetic poles 23 and 24 so that they become gradually thinner at the tip portion than at the root portion.

Secured between the adjacent pawl-like magnetic poles 23 and 24 are permanent magnets 30A of a substantially rectangular parallelepiped configuration so magnetized that reduces the leakage of the magnetic flux between the opposing side surfaces 23c and 24c.

The operation will now be described. When an electric current is supplied to the rotor coil 13 from the unillustrated battery through the brush 10 and the slip ring 9, a magnetic flux is generated to magnetize the pawl-like magnetic pole 23 of the first pole core member 21 into the N pole and the pawl-like magnetic pole 24 of the second pole core member 22 into the S pole. On the other hand, the engine rotates the pulley 4 and the shaft 6 rotates the rotor 7, so that an alternating electromotive force is generated at the stator coil 16. This alternating electromotive force is regulated into a direct current through the rectifier 12 and is regulated at its magnitude by the regulator 20, thereby to charge the unillustrated battery.

The magnet 30A of a substantially rectangular parallelepiped configuration secured between the pawl-like magnetic poles 23 and 24 is a plastic magnet. As for the magnet material, a ferrite magnet is advantageous from the viewpoint of cost, but this material is seldom used because of the mechanical brittleness, the low magnetizable residual magnetic flux density and the heat sensitive properties. Therefore, as for the magnet material, because of the advantages of the large degree of freedom in the magnet configuration and the high residual magnetic flux density, plastic magnet is often utilized. As for the plastic magnet, neodymium-iron-boron group (Nd—Fe—Co—B bond magnet) and Samarium-iron group (Sm—Fe—N bond magnet) have been used.

The temperature coefficient of the residual magnetic flux density B of the Nd—Fe—Co—B bond magnet is  $-0.1\%/\text{K}$  (negative temperature coefficient) and the temperature coefficient of the residual magnetic flux density of the Sm—Fe—N bond magnet is  $-0.07\%/\text{K}$  (negative temperature coefficient), so that the magnet effect is reduced to lower the generator output when the ac generator is at an elevated temperature condition.

Generally, a typical magnet exhibits the phenomenon of the nonreversible demagnetizing, in which phenomenon the magnetic flux (magnetic force) does not recover to the initial property value after the magnet heated to an elevated temperature is returned to the room temperature, and such the rate of change is referred to as the non-reversible demagnetizing factor. Here, the non-reversible demagnetizing factor where the magnet is heated to 373K and the heating time is 2 hours is referred to as 2-hour non-reversible demagnetizing factor, and the one that the heating time is 300 hours is referred to as 300-hour non-reversible demagnetizing factor, then the 2-hour non-reversible demagnetizing factor (373K $\times$ 2 hr) of the Nd—Fe—Co—B bond magnet is  $-4.4\%$  and the 300-hour non-reversible demagnetizing factor (373K $\times$ 300 hr) is  $-5.4\%$ . The 2-hour non-reversible demagnetizing factor (373K $\times$ 2 hr) of the Sm—Fe—N bond magnet is  $-4.0\%$  and the 300-hour non-reversible demagnetizing factor (373K $\times$ 300 hr) is  $-5.3\%$ . Therefore, when the ac generator is continuously used at an elevated temperature, the magnetic property of the magnet is deteriorated and the power of the ac generator is decreased as compared to that at the initial value.

On the other hand, the oxygen content of the Nd—Fe—Co—B magnetic powder after heating (373K $\times$ 300 hr) is 0.8

wt % and the oxygen content of Sm—Fe—N magnetic powder after heating (373K×300 hr) is 0.4 wt %. The larger the oxygen content, the more easily rust is generated on the magnetic powder and the magnetic poles due to the ingress of moisture or the like. When the rust is generated, the magnet strength and the bonding strength between the magnetic poles and the magnet is decreased, significantly reducing the rotor strength at a high speed rotation. Particularly, the oxygen content of the Nd—Fe—Co—B bond magnet is as high as twice of that of the Sm—Fe—N bond magnet and is inferior in the oxygen-resistance, so that the surface treatment such as an epoxy coating or plating is necessary and costly.

Accordingly, an object of the present invention is to provide an ac generator that is inexpensive and the ac generator output power does not decrease even during the high temperature operation and that the rotor strength at a high speed rotation is sufficiently large.

#### SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention resides in an ac generator comprising a stator and a rotor, and the stator is disposed within a bracket having an exhaust window and generating a three-phase ac current by a rotating field of the rotor. The rotor comprises a rotor coil for generating a magnetic flux, a pole core composed of first and second pole core members disposed so as to cover the rotor coil and having pawl-shaped magnetic poles projecting in staggered and alternating relationship, a plurality of permanent magnets disposed on both side surfaces of the pawl-shaped magnetic poles for reducing the leakage of the magnetic flux between the side surfaces of the adjacent pawl-shaped magnetic poles, and a fan mounted to each of opposite axial ends of the rotor for cooling a heat-generating member heated due to a generator output current. The permanent magnets are permanent magnets of samarium-iron alloy containing Ti and B.

The permanent magnets may be plastic magnets made of magnet powder bonded together by a resin, bonded magnets of  $\text{Sm}_{0.2}-\text{Fe}_{75.6}-\text{Ti}_{2.3}-\text{B}_{0.9}-\text{N}_{13}$ , which may be supported by corrosion-resistive holding members surrounding the magnet or which may be independently attached to each of the magnetic poles of the first and second pole core members.

At least one portion of the side opposing to the pawl-shaped magnetic pole side surfaces of the permanent magnet may be resin-coated.

The first and second pole core members may have on their outer circumferences restricting means for restricting the displacement of the magnetic pole in the radial direction due to a centrifugal force during the rotor rotation, and the restricting means may be disposed in the vicinity of the tips of the magnetic poles of the first and second pole core members to restrict the displacement of the pole tips. The restricting means may be corrosion-resistant annular member s circumferentially extending over the entire circumference of the rotor.

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention will become more readily apparent from the following detailed description of the preferred embodiments of the present invention taken in conjunction with the accompanying drawings, in which:

FIG. 1 is a perspective view of the rotor of the ac generator of the present invention;

FIG. 2 is an exploded side view showing the relationship between the rotor coil and the pole cores of the ac generator of the present invention;

FIG. 3 is a table showing the stability to heat of the permanent magnet by the temperature coefficient of the residual magnetic flux density and the nonreversible demagnetizing factor;

FIG. 4 is a graph showing the change in the oxygen content of the magnetic powders in relation to time;

FIG. 5 is a graph showing the change in the output current as plotted against the rotational speed of the ac generator in terms of that at the cold state and the hot state in comparison with that of the conventional design;

FIG. 6 is a graph showing the reduction rate in the output current as plotted against the operation time of the ac generator in terms of that at the cold state and the hot state in comparison with that of the conventional design;

FIG. 7 is a perspective view showing the relationship between the pole core and the permanent magnets of the ac generator of one embodiment of the present invention;

FIG. 8 is a sectional view showing the relationship between the pole core and the permanent magnets of the ac generator of the present invention;

FIG. 9 is a sectional view similar to FIG. 8 showing the relationship between the pole core and the permanent magnets of the ac generator of one embodiment of the present invention;

FIG. 10 is a sectional view showing the relationship between the pole core and the restriction member of the ac generator of the present invention;

FIG. 11 is a perspective view showing the tape wound on the rotor of the ac generator of one embodiment of the present invention; and

FIG. 12 is a sectional side view showing ac generator to which the present invention can be applied.

#### DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

FIG. 1 is a perspective view of the rotor of the ac generator of the present invention and FIG. 2 shows the relationship between the rotor coil and the pole cores of the ac generator of the present invention in an exploded side view. The overall structure of the ac generator of the present invention is similar to the conventional ac generator illustrated in FIG. 12, the difference being a rectangular parallelepiped permanent magnet 30 that is secured between adjacent pawl-shaped magnetic poles 23 and 24 and is magnetized in the direction reducing the leakage of the magnetic flux between the opposing side surfaces 23c and 24c of the adjacent pawl-shaped magnetic poles 23 and 24. That is, according to the present invention, the permanent magnets 30 secured between the pawl-shaped magnetic poles 23 and 24 are plastic magnets of samarium-iron alloy containing Ti and B in the composition (bonded magnets of Sm—Fe—Ti—B—N). An example of such the permanent magnets 30 is a bonded magnet of  $\text{Sm}_{0.2}-\text{Fe}_{75.6}-\text{Ti}_{2.3}-\text{B}_{0.9}-\text{N}$ .

FIG. 3 is a table showing the temperature coefficient of the residual magnetic flux density and the non-reversible demagnetizing factor which is a rate of change of the magnetic flux (magnetic force) property value with respect to the initial value when the temperature is returned to room temperature from an elevated temperature for the case where the magnet is heated to 373K for 2 hours (2 hour non-reversible demagnetizing factor) and for the case where the magnet is heated to 373K for 300 hours (300 hour non-reversible demagnetizing factor) in comparison with those of the conventional bond magnet. From FIG. 3, the tem-

perature coefficient of the residual magnetic density  $B_r$  of the conventional Nd—Fe—Co—B bond magnet ( $Nd_{12}$ — $Fe_{78}$ — $Co_5$ — $B_7$  bond magnet, for example) is  $-0.10\%/K$  (negative temperature coefficient), and similarly, the temperature coefficient of the residual magnetic density  $B_r$  of the conventional Sm—Fe—N bond magnet ( $Sm_{8.0}$ — $Fe_{78.0}$ — $N_{13}$  bond magnet, for example) is  $-0.07\%/K$  (negative temperature coefficient), so that, when the ac generator is heated to an elevated temperature, the residual magnetic flux density  $B_r$  becomes small, thus decreasing the effect of reducing the leakage of the magnetic flux and the generator power is decreased. The temperature coefficient of the residual magnetic flux density  $B_r$  of Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet ( $Sm_{8.2}$ — $Fe_{75.5}$ — $Ti_{2.3}$ — $B_{0.9}$ — $N_{13}$ , for example) is  $-0.06\%/K$  which is negative and large as compared to the conventional magnet (close to  $0\%/K$ ), so that the decrease of the residual magnetic flux when the ac generator is at an elevated temperature, whereby decrease in the generator power output can be alleviated.

FIG. 5 is a graph showing the change in the generator output current as plotted against the rotational speed of the ac generator (r/min.) in terms of that at the cold state (A) and the hot states (B) and (C) in comparison with that of the conventional ac generator. As apparent from the graph shown in FIG. 5, in the cold state, a curve A represents the generator output properties of the ac generator of both the present invention and the conventional design. The hot state property of the conventional generator is as shown by a curve C of an output current value lower than the curve A for the cold state output property, whereas the hot state output property of the generator of the present invention is as shown by a curve B of an output current value higher than the curve C. This is because the temperature coefficient of the residual magnetic flux density of the magnet is large in negative than that of the conventional design, which decreases the amount of decrease of the residual magnetic flux density during the temperature rise.

From FIG. 3, it is seen that the 2-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 2$  hr) of the conventional Nd—Fe—Co—B bond magnet is  $-4.4\%$  and the 300-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 300$  hr) is  $-5.4\%$ . The 2-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 2$  hr) of the conventional Sm—Fe—N bond magnet is  $-4.0\%$  and the 300-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 300$  hr) is  $-5.3\%$ . Contrary to these conventional magnets, the 2-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 2$  hr) of the Sm—Fe—Ti—N bond magnet of the present invention is  $-2.1\%$  and the 300-hour non-reversible demagnetizing factor ( $373K \times 300$  hr) is  $-2.5\%$ . That is, 2-hour non-reversible demagnetizing factor as well as the 300-hour non-reversible demagnetizing factor of the Sm—Fe—Ti—N bond magnet of the present invention are both about one half of those of the conventional magnet. Therefore, when the ac generator is operated at an elevated temperature, the conventional magnet is significantly deteriorated in magnetic property to decrease the output property of the ac generator from the initial property, whereas the magnetic property is deteriorated only by a small extent and the deterioration of the output property of the ac generator can be made as small as about a half of the deterioration of the conventional generator, thus resulting in a stable effect of the magnet.

FIG. 6 is a graph showing the change in the reduction rate (%) in the output current of the ac generator as plotted against the high temperature continuous operation time (hr) of the ac generator in comparison with that of the conventional generator. As apparent from FIG. 6, the curve D of the

reduction rate in the conventional generator sharply decreases until about 10 hours from the initiation of the high temperature continuous operation and thereafter it gradually decreases as the elapse of time. Contrary, the decreasing rate of the output current of the generator of the present invention is as shown by a curve E from which it is seen that the reduction rate is about 50% of that of the conventional generator until a little beyond one hour from the start of the operation and that it gradually decreases as the lapse of time thereafter, whereby it can be said that the reduction rate as a whole of the output current of the generator of the present invention is about 50% of that of the conventional generator. This is because the non-reversible demagnetizing factor of the magnet of the present invention is only about one half of the conventional magnet and the deterioration of the property of the magnet due to the high temperature continuous operation is reduced to a half.

FIG. 4 is a graph showing the change in the oxygen content of the magnetic powders in relation to time when the magnetic powder is held at an elevated temperature of  $373K$ . As apparent from the graph of FIG. 4, the oxygen content of the conventional Nd—Fe—Co—B magnetic powder after heating ( $373K \times 300$  hr) is  $0.8$  wt % and the oxygen content of Sm—Fe—N magnetic powder after heating ( $373K \times 300$  hr) is  $0.4$  wt %, whereas the oxygen content of the Sm—Fe—Ti—B—N magnetic powder of the present invention after heating of  $373K \times 300$  hr is  $0.3$  wt %, resulting in an oxygen resistance superior to that of the conventional magnet.

Accordingly, even when some moisture enters into the generator through ventilation windows of the brackets, the magnets of the present invention do not easily generate rust, providing an ac generator superior in resistance to corrosion or environment. Also, the reduction of the cost can be achieved in comparison to the Nd—Fe—Co—B bond magnet which needs the surface treatment.

Thus, according to the ac generator of the present invention, the ac generator is increased in the output at an elevated temperature as compared to the conventional generator and superior in durability and resistance to environment and is prevented from decreasing the mechanical strength.

FIG. 7 illustrates in a perspective view the permanent magnets 30 disposed between the pawl-shaped magnetic poles 23 and 24 of the pole core members 21 and 22 of the rotor of the ac generator of the second embodiment of the present invention, and FIG. 8 illustrates in a sectional view the relationship between the pawl-shaped magnetic pole 23 and the permanent magnets 30. Each of the permanent magnets 30 is the Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet, which is secured to the holding member 41 made of a corrosion-resistant material such as a magnetic resin sheet material or a magnetic metal sheet. The holding member 41 has provided on oblique lines of the substantially trapezoidal sheet member with a substantially U-shaped bent portions 42, within which the permanent magnets 30 are attached by means of a bonding agent or the like so that each of the permanent magnets 30 are surrounded by the bent portions 42. The holding member 41 having the permanent magnets 30 secured along its oblique sides in this manner is secured by a bonding agent or the like at its central portion 43 to the inner circumferential surface of the pawl-shaped magnetic poles 23 and 24.

According to this structure, the permanent magnets 30 are surrounded by the corrosion-resistant holding member 41, so that they are protected from the surrounding environment

and the corrosion-resistance inherent to the Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet as well as the rust-resistance of the permanent magnet 30 are improved, thereby to improving the resistance to environment. Also, a mold resin material of a low thermal conductivity may be used for the holding member 41 for holding the permanent magnet 30, with a result that the output reduction at the high temperature operation can be made smaller as compared to the conventional magnet because the Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet is superior in the thermal stability. Also, it has a good resistance to corrosion and environment, so that the decrease in strength can be prevented.

The structure shown in FIG. 9 is similar to the structure for mounting the permanent magnets 30 to the magnetic pole 23, but is different in that magnetic resin 45 is filled within gaps 44 defined between the side surfaces of the pawl-shaped magnetic poles 23 and the magnetic pole faces of the permanent magnet 30 opposite thereto. The magnetic resin 45 close the air gaps formed by the gaps 44 and at the same time covers the exposed surface of the permanent magnets 30. According to this arrangement, the influence of the outer environment to the permanent magnets 30 can be further decreased and the resistance to rust can be further improved as compared to the embodiment shown in FIGS. 7 and 8. While the heat dissipation of the permanent magnets 30 may be deteriorated because the holding member 41 surrounding the permanent magnets 30 and the resin material filled within the gaps 44 surround the permanent magnets 30, the Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet has a superior thermal stability, so that the output reduction at a higher temperature operation is made smaller as compared to the conventional magnet. Also, it has a good resistance to corrosion and environment, so that the decrease in strength can be prevented.

In the ac generator illustrated in FIGS. 10 and 11, restriction members 46 in the shape of annular belts are fitted on the tip portions and the root portions of the magnetic poles 23 and 24 of the first and the second pole core members 21 and 22. These annular restriction members 46 are for preventing the tip portions of the magnetic poles 23 and 24 from displacing in the radially outward direction due to the centrifugal force of the ac generator during operation. This arrangement restricts the radially outward displacement of the magnetic poles 23 and 25 to improve the mechanical strength.

A rotor 48 of the ac generator shown in FIG. 11 comprises a tape 49 of a resin impregnated carbon fiber wound and secured on the entire outer circumference of the rotor 48 and on the pole core members 21 and 22 as well as the permanent magnets 30. The tape 49 firmly supports the pole core members 21 and 22 and the permanent magnets 30 at their outer circumferences, so that the displacement restriction function acting on the magnetic poles 23 and 24 are further improved and the permanent magnets 30 can be prevented from flying off. Also, since the rotor as a whole is covered by the corrosion-resistant tape 49, it becomes less subject to the influence of the outer environment, improving the resistance to environment.

As has been described, according to the present invention, the ac generator comprises a stator and a rotor. The stator is disposed within a bracket having an exhaust window and generating a three-phase ac current by a rotating field of the rotor. The rotor comprises a rotor coil for generating a magnetic flux, a pole core composed of first and second pole core members disposed so as to cover the rotor coil and having pawl-shaped magnetic poles projecting in staggered relationship, a plurality of permanent magnets disposed on

both side surfaces of the pawl-shaped magnetic pole for reducing the leakage of the magnetic flux between the side surfaces of the adjacent pawl-shaped magnetic poles, and a fan mounted to each of opposite axial ends of the rotor for cooling a heat-generating member heated due to a generator output current. The permanent magnets are permanent magnets of samarium-iron alloy containing Ti and B (Sm—Fe—Ti—B—N magnet). Therefore, since the Sm—Fe—Ti—B—N bond magnet has a superior thermal stability, the output current reduction during the higher temperature operation of the ac generator can be decreased. Also, since it has a good resistance to corrosion and environment and since the generation of rust due to the external influence such as the ingress of moisture is difficult, the output during the high temperature operation can be improved and an ac generator superior in durability and resistance to environment can be provided.

The permanent magnets may be plastic magnets made of magnet powder bonded together by a resin, so that the magnetic powders can be protected to increase the resistance to rust and the magnets are high in toughness and mechanical strength.

The permanent magnets may be bonded magnets of Sm<sub>8.2</sub>—Fe<sub>75.6</sub>—Ti<sub>2.3</sub>—B<sub>0.9</sub>—N<sub>13</sub>, so that they are superior in thermal stability.

The permanent magnets may be supported by corrosion-resistant holding members surrounding the magnet. By surrounding the magnets by the holding members, they can be protected from the external influence to increase the resistance to rust and the high temperature output reduction can be alleviated because of the good thermal stability of the magnets.

At least one portion of the side opposing to the pawl-shaped magnetic pole side surfaces of the permanent magnets may be resin-coated, so that the gap defined between the magnets and the side surfaces of the pawl-shaped magnetic poles are filled with the resin, whereby they can be protected from the external influence to increase the resistance to rust and the high temperature output reduction can be alleviated even when the heat dissipation is not good because of the good thermal stability of the magnets.

The permanent magnets may be independently attached to each of the magnetic poles of the first and second pole core members. When the permanent magnets are independently attached to each of the magnetic poles of the first and the second pole core members, the magnets are displaceable together with the magnetic poles of each pole core members, thus eliminating an excessive stress thereon and advantageous in mechanical strength. Also, by providing a displaceable portion, the rust is difficult to generate on this portion and if generated it will not be developed.

The first and second pole core members may have on their outer circumferences restricting means for restricting the displacement of the magnetic poles in the radial direction due to a centrifugal force during the rotor rotation. Even when the magnet strength and the bonding strength between the magnet and the magnetic pole are decreased due to the generation of rust, the magnetic poles of the pole core member are strengthened by the restricting means for restricting the displacement in the radially outward direction due to the centrifugal force during the rotation of the rotor.

The restricting means may be disposed in the vicinity of the tips of the magnetic poles of the first and second pole core members to restrict the displacement of the pole tips. The restricting means restrict the movement of the tip of the magnetic poles of the pole core member at which the

displacement is the largest, so that the displacement suppressing effect is large.

The restricting means may be a corrosion-resistant annular member circumferentially extending over the entire circumference of the rotor. Therefore, it has the effect of suppressing the displacement of the magnetic poles as well as the effect of suppressing the flying out of the place of the magnets. Also, by providing a corrosion resistant member surrounding the entire circumference, the rotor is less subject to the external influence and is improved in environment resistance.

What is claimed is:

1. An ac generator comprising a stator and a rotor, said stator being disposed within a bracket having an exhaust window and generating a three-phase ac current by a rotating field of said rotor; and said rotor comprising a rotor coil for generating a magnetic flux, a pole core composed of first and second pole core members disposed so as to cover said rotor coil and having pawl-shaped magnetic poles projecting in staggered relationship, a plurality of permanent magnets disposed on both side surfaces of said pawl-shaped magnetic poles for reducing the leakage of the magnetic flux between the side surfaces of the adjacent pawl-shaped magnetic poles, and a fan mounted to each of opposite axial ends of the rotor for cooling a heat-generating member heated due to a generator output current; said permanent magnets being permanent magnets of samarium-iron alloy containing titanium (Ti) and boron (B), wherein said permanent magnets are supported by corrosion-resistive holding members, wherein resin is located between at least one side of at least one of the pawl-shaped magnetic poles and at least one of the permanent magnets, and wherein said permanent magnets are independently attached to each of the magnetic poles of said first and second pole core members.
2. The ac generator as claimed in claim 1, wherein said permanent magnets are plastic magnets made of magnet powder bonded together by a resin.
3. The ac generator as claimed in claim 1, wherein said permanent magnets are bonded magnets of  $\text{Sm}_{8.2}-\text{Fe}_{75.5}-\text{Ti}_{2.5}-\text{B}_{0.9}-\text{N}_{13}$ .

4. The ac generator as claimed in claim 1, wherein said first and second pole core members have on their outer circumferences restricting means for restricting the displacement of said magnetic poles in the radial direction due to a centrifugal force during the rotor rotation.

5. The ac generator as claimed in claim 4, wherein said restricting means is only disposed in the vicinity of tip portions and root portions of the magnetic poles of said first and second pole core members to restrict the displacement of said pole tips.

10 6. The ac generator as claimed in claim 4, wherein said restricting means is a corrosion-resistant annular member circumferentially extending over the entire circumference of said rotor.

15 7. An ac generator comprising a stator and a rotor, said stator being disposed within a bracket having an exhaust window and generating a three-phase ac current by a rotating field of said rotor; and said rotor comprising a rotor coil for generating a magnetic flux, a pole core composed of first and second pole core members disposed so as to cover said rotor coil and having pawl-shaped magnetic poles projecting in staggered relationship, a plurality of permanent magnets disposed on and connected to both side surfaces of said pawl-shaped magnetic poles for reducing the leakage of the magnetic flux between the side surfaces of the adjacent pawl-shaped magnetic poles, and a fan mounted to each of opposite axial ends of the rotor for cooling a heat-generating member heated due to a generator output current;

said permanent magnets being permanent magnets of samarium-iron alloy containing titanium (Ti) and boron (B),

wherein said permanent magnets are supported by corrosion-resistive holding members, wherein resin is located between at least one side of at least one of the pawl-shaped magnetic poles and at least one of the permanent magnets, and wherein said permanent magnets are independently attached to each of the magnetic poles of said first and second pole core members.

\* \* \* \* \*